根莖作物生產改進及加工利用研討會專刊：209～227（1994）

臺灣根莖薯類作物線蟲病害之發生

蔡東纂 林奕耀
國立中興大學植物病理系

程永雄
嘉義農業試驗所

陳昭豐
臺灣省農林廳植保科

摘 要

本省根莖菜類及薯類作物主要病原線蟲爲南方根瘤線蟲(*Meloidogyne incognita*)、爪哇根瘤線蟲(*M. javanica*)、根腐線蟲(*Pratylenchus coffeae*)、腎形線蟲(*Rotylenchulus reniformis*)、穿根線蟲(*Hirschmanniella* spp.) 及葉芽線蟲(*Aphelenchoides besseyi*)，而以前二者最重要。蘿蔔、胡蘿蔔、牛蒡、綠竹、麻竹、蘆筍及山葵只有根部感染根瘤線蟲，塊根、塊莖或筍部位並未被其寄生。豆薯、黑皮波羅門參、甘藷、山藥、樹薯、馬鈴薯、芋及薑等作物則連塊根、塊莖及薯塊上都受侵害。除竹類外，遭線蟲爲害植株地上部出現黃化、矮化、缺水及缺微量元素病徵，地下部則有結瘤、根腐及儲藏器官表皮突起、凹洞及腐爛等徵狀。與水稻輪作方式有助於降低砂質壤土及黏質壤土馬鈴薯田中根瘤線蟲族群密度；反之，於山坡旱田輪作薑或山藥，根瘤線蟲於作物植後8個月每百公克土壤高達1200隻以上。防治試驗顯示以80％滅線蟲、幾丁質有機添加物、塑膠布覆蓋、尿素及氰氮化鈣處理皆能有效防治薑田根瘤線蟲病害。

(關鍵字：根莖薯類作物、線蟲病害、防治)

緒 言

本省根莖作物種類繁多，栽培地區偏佈全省各縣市之平地、丘陵、山坡及高山。其類別涵蓋薯類、特用作物、蔬菜、藥材，甚且及於花卉，爲本省大宗農產品。薯類作物如甘藷、馬鈴薯、樹薯及山藥等，種植面積超過一萬五千公頃；根菜類如蘿蔔、胡蘿蔔、豆薯及牛蒡等亦在一萬公頃之譜；莖菜類如竹筍、茭白、蘆筍、百合、山葵、芋、蒟蒻、薑、蓮藕及荸薺等亦逾四萬公頃[11]。由於根莖作物生長期多爲半年至一年，在熱帶及亞熱帶地區遭受病蟲害之威脅頗大，植物地上部及地下部爲害性線蟲也不例外。一項由全世界75個國家371位線蟲學者所提供的資料統計結果，以其經濟重要性排行依序爲根瘤線蟲(*Meloidgyne* spp.)、根腐線蟲(*Pratylenchus* spp.)、包囊線蟲(*Heterodera* spp.)、莖線蟲(*Ditylenchus* spp.)、

黃金線蟲(*Globodera* spp.)、鮀形線蟲(*Tylenchulus* spp.)、匕首線蟲(*Xiphinema* spp.)、穿孔線蟲(*Radopholus* spp.)、腎形線蟲(*Rotylenchulus* spp.)及螺旋線蟲(*Helicotylenchus* spp.)[34]。其中以根瘤線蟲在本省分佈最廣，舉凡苗木[1]、花卉[9]、果樹、蔬菜及雜草[10]等諸多作物皆爲其寄主。在根莖作物上，黃氏等[7]在甘藷、蘆筍、芋、胡蘿蔔、蘿蔔、馬鈴薯、薑、茭白筍、竹、樹藷及綠竹上發現其寄生事實，然未做種之鑑定。而包囊線蟲、黃金線蟲、穿孔線蟲及莖線蟲在國外被列爲根莖作物主要病原線蟲[32]，吾國植物檢疫單位也將之訂爲重要危禁線蟲[12]；然迄今未在本省該類作物中發現。根據全世界的統計資料指出植物寄生性線蟲導致馬鈴薯、甘藷及山藥的產量損失百分比分別爲12.2、10.2　及17.7[34]，品質則更大受影響。筆者近年來在田間調查發現根莖作物線蟲病害之發生與耕作制度有密切的關係，因此本研究旨在調查全省根莖作物線蟲病害之發生情形，探討區域性作物輪作對線蟲密度之影響，俾作防治上之參考。

材料與方法

植物體及其周圍質材採樣

本研究之採樣，係於全省各根莖薯類栽植區或專業區中類將疑似罹線蟲病之根莖作物全株連同根圈土壤或其他栽培質材以鏟子掘起，置於大型塑膠袋中攜回研究室處理。

線蟲之分離及檢視

1.土壤及介質中線蟲分離

依改良式柏門氏漏斗分離法(modified Baermann's funnel method)[7]，以介質100立方公分量爲單位，於60孔目網篩上，靜置清水中24小時後，將收集於指形管之線蟲倒入鏡檢皿中待檢。

2.根系中線蟲分離及檢定

將罹根瘤線蟲根系、塊根、塊莖等植物體，以解剖刀於解剖顯微鏡下切開根瘤或植物體凸起部位，檢視其中根瘤線蟲雌蟲、雄蟲、卵塊及發育中各齡期線蟲；並挑取成熟雌蟲，切取體後端1/3部份，依序以清水、45%乳酸及25%甘油清洗內含物後，平置於滴有乳酚溶液(Plain lactophenol solution) 載玻片上，覆以蓋玻片，於光學顯微鏡下觀察陰門模紋的型態[19]；挑取孵化之二齡幼蟲，依據Hirschmann H. [20]之分類資料鑑定其種類。若爲內寄生性線蟲，如根腐線蟲等所感染，則將根系或植物體組織切成長寬爲1公分，厚0.3公分左右之片段，置於內注清水之培養皿中24小時，俟線蟲游離出組織後，挑取100隻於光學顯微鏡下檢視，依Zafar Ahmad Handoo and A. Morgan Golden[38]之資料鑑定根腐線蟲；依C.I. H[14,15]及Mortimer[28]等人資料鑑定穿根線蟲種類。半內寄生性線蟲，如腎形線蟲所寄生根系，則直接於解剖顯微鏡下切取罹病根段後於光學顯微鏡下檢定[16,17]。外寄生性線蟲則以上述方法分離後，於光學顯微鏡下，依Mai氏[27]之分類統作屬種之檢定，如地上部寄生葉芽線蟲可視其寄生方式及部位，切取患部置於清水中分離，依Maggenti[26]之資料分類。

根系及植物體寄主線蟲之染色

將植物體罹線蟲部位切成0.1公分厚，長寬1公分左右之薄片，根系則以緩和水流洗去黏附之土壤顆粒後切成2公分根段；置於加有0.5%棉藍乳酚溶液(Cotton blue lactophenol solution) 之研缽中，放入微波爐加熱1分鐘後，挾出材料，浸於已注入清水之培養皿中，則可於解剖顯微鏡下觀察。

田間植物寄生性線蟲顯著值(Prominence value)之計算

將分離及檢定所得資料以下列公式求出其顯著值[29]，最高者則視爲該調查對象主要病原線蟲。

a.出現之頻率(frequency)

絕對頻率(absolute frequency)

$$=\frac{\text{含某種類線蟲樣品數}}{\text{採集之樣品數}}\text{X}100$$

b.出現之密度(density)

絕對密度(absolute density)爲某種類線蟲在一樣品中之平均數目

c.顯著值(Prominence Value)

＝絕對密度X絕對頻率

罹根瘤線蟲馬鈴薯種薯種植於不同土壤質地水稻輪作田中之族群消長

1992年在台中縣后里及豐原兩地分別選擇砂質壤土(sandy loam)及黏質壤土(Clay loam)田地兩處，每處5公畝。每處畫分2小區，一區於馬鈴薯植後種植台農67號水稻兩期，另一區則同樣於馬鈴藷植後種植台農57號甘藷。馬鈴薯種薯爲已罹患根瘤線蟲病之卡地娜品種(平均每平方公分有0.7個疣瘤)，於當年12月份種植，1993年3月底收成。試驗期間每月每區採樣20點，測量根瘤線蟲族群密度取其平均值，以明瞭不同土質及水稻輪作對根瘤線蟲族群消長之影響。

薑與山藥輪作田根瘤線蟲之族群消長

南投縣名間鄉之地質爲洪積母質黃壤，該地區之耕作制度大都爲薑與山藥輪作，或間作通天草(*Uraria crinita* (L.) Desv. ex Dc.)及鳳梨等作物，有典型根瘤線蟲引起之連作障害案例。本試驗乃擇擇其間2公畝田地，分爲兩區，各區於1992年2月同時種植南投種山藥(*Dioscorea* spp.)及廣東大薑(*Zingiber Officinale* Roscoe)，自1991年12月至1993年 4 月，1每月定期至各試驗區，逢機選取20株植株，採集根圈土，調查其每百公克土壤中根瘤線蟲二齡線蟲蟲口數，瞭解這兩種作物田間根瘤線蟲族群消長。

田間不同處理對薑根瘤線蟲之防治效果

試驗地點：南投縣名間鄉根瘤線蟲爲害嚴重之薑田。

供試薑品種：廣東大薑

供試藥劑及添加物：

(1)80％滅線蟲乳劑(80％ Nemamort EC.)：Dichloro-diisopropylether SDS Bi otech

K.K，每分地10公斤用藥量，以適當水量稀釋，於植前7天均勻灑施。

(2)幾丁質添加物：配方爲蝦蟹殼粉(50%)、篦麻粕(25%)、黃豆粉(5%)、海草粉(15%)及黑糖(5%)之混合物，每分地使用200公斤，於種植前2星期與土壤均勻混拌。

(3)塑膠布覆蓋：0.02公分厚透明塑膠布覆於土面，四周以土封壓。

(4)尿素：每分地施用40公斤，於用土濕潤時均勻混拌，2星期後再將40公斤苦土石灰及500公斤纖維質有機肥拌入土中，築畦後再種植。

(5)氰氮化鈣：含N18%，CaO 50%以上，Cyanamid Co · 每分地施用40公斤，和土壤混拌均勻，10天後才種植。

本試驗採逢機完全區集設計，6處理，4重覆，每處理區爲20平方公尺，對照組按一般薑栽培三要素施肥量施用[6]。

防治效果之評估：防治結果之評定係以處理前及植後30、60及120天根圈土壤中根瘤線蟲二齡幼蟲數量及第120天時根瘤指數爲依據。

結　　果

本省根菜類作物主要植物寄生性病原線蟲

調查本省根菜類蘿蔔、胡蘿蔔、豆薯、牛蒡及黑皮波羅門參等 5 種作物之植物寄生性線蟲病害相結果顯示，南方根瘤線蟲(*M. incognita*)及爪哇根瘤線蟲(*M. javanica*)爲主要線蟲；其中南投大坪頂之蘿蔔普遍感染釘線蟲(*Paratylenchus* spp.)及螺旋線蟲(*Helicotylenchus* spp.) (表一)。罹線蟲病根莖作物地上部大都出現黃化、矮化、缺乏微量元素等營養吸收不良症狀。蘿蔔、胡蘿蔔及牛蒡感染根瘤線蟲僅於營養根上形成根瘤，主根上並未遭該線蟲寄；牛蒡根瘤以在土表下方30公分內根系上形成最多(圖片十二)，該區段內線蟲密度亦較其他深度爲高。黑皮波羅門參遭該線蟲爲害後，全根系結瘤，主根表皮凹凸不平，有黑變及腐敗情形。豆薯受根瘤線蟲爲害之塊根上有大小一之突起，且上表皮易脫落。

本省薯類作物主要植物寄生性病原線蟲

本省薯類作物除甘藷在夏季多雨季節腎形線蟲(*Rotylenchulus reniformis*)在台南縣境內甘藷田線蟲相中顯著值較高；南投縣連作甘藷田中南方根腐線蟲(*Pratylenchus coffeae*)之顯著值亦較其他線蟲高。除此薯類作物最普遍的線蟲病害仍爲根瘤線蟲(表二)。根瘤線蟲可寄生於甘藷的藤蔓、根及薯塊；在藤蔓靠土壤的一面會形成許多粟米大的疣瘤，根系上則出現唸珠狀腫瘤；薯塊上有不規則形狀的凸起，繼之腐敗。山藥根瘤線蟲病害除了處女地外概有不同發的病程度，其地上部黃化及微量元素缺乏病徵較甘藷明顯，罹病株根系甚短，大多在20公分內，根瘤結於根部末端(圖片五)，或可說根長出後，爲線蟲侵入根尖後即不再伸長。山藥罹病薯塊，表皮顏色較健康者深，上有大量瘤狀凸起(圖片六)。樹薯根瘤線蟲病害僅造成薯塊上少數瘤狀物，並不嚴重。馬鈴薯栽培上任何一個階段皆可以被根瘤線蟲感染，種薯培育期間罹患根瘤線蟲，地上部有典型的黃化、矮化及缺水病徵(圖片一)，根系瘤腫且

停滯生長(圖片二)，結薯量低，且薯塊上密佈瘤狀物(圖片三)。田間馬鈴薯栽培區除非和水稻輪作，否則亦常遭根瘤線蟲感染。一般而言，薯塊上的根瘤線蟲多在表皮下兩公分內，每個瘤有一至多隻雌成蟲寄生其中(圖片四、七)，雌蟲產完卵死亡後，往往於表皮上留下一個沒有癒合的傷口，常導致薯塊在保存期間脫水或腐敗。

本省莖菜類主要植物寄生性病原線蟲

栽植在砂質地爲多的綠竹、麻竹及蘆筍感染之植物寄生性線蟲以根瘤線蟲爲多，雲林一帶綠竹園螺旋線蟲(*Rotylenchus* spp.)之顯著值在四個採樣區中最高。茭白則常爲穿根線蟲(*Hirschmanniella* spp.)及葉芽線蟲(*Aphelenchoides besseyi*)所寄生。台南縣及嘉義市附近蓮藕田中穿根線蟲普遍存在(表三)。莖菜類作物線蟲病害除芋及薑可直接損害塊莖之產量及品質以外，綠竹、麻竹、茭白、蘆筍、蓮藕及山葵只因寄生根部(圖片十一)，造成根系發展不佳，導致營養吸收不良，而生育受阻。芋根瘤線蟲可於膨大的根末端及芋塊莖的芽腋處尋得。罹根瘤線蟲薑之地上部有瘤凸、龜裂及凹洞病徵(圖片八)。和健康薑塊相較，在產量上皆大有區別(圖片九)。切開罹病薑塊，其內部組織內橙紅色斑點中，即有一至多隻根瘤線蟲雌成蟲寄生其上。(圖片十)

罹根瘤線蟲馬鈴薯種薯種植於不同質地土壤水稻輪作田中之族群消長

罹根瘤線蟲馬鈴薯種薯栽種於砂質壤土於1993年 3 月底收成時，土壤中線蟲族群密度高達每百公克508隻左右。整地後，隨之種植台農57號甘藷區域，土壤中線蟲則逐漸昇高至 9 月採收期之每百公克土壤七百隻高峰；在12月底再次種植馬鈴薯時，土壤中線蟲密度仍在280 隻左右。輪作台農67號水稻田區域之土壤中線蟲族群密度則歷續第一及第二期水稻種植，至1992年12已檢查不出根瘤線蟲二齡幼蟲。同樣處理，在黏質土壤中之土壤中根瘤線蟲族群消長曲線頗爲類似，但顯然線蟲密度低於砂質壤土區(圖一) 。

薑與山藥輪作田根瘤線蟲之族群消長

薑於植後一個月,土壤中根瘤線蟲目平均值爲6隻，隨後即快速提高至10月高峰期，每百公克土壤中1305隻線蟲；12月採收後，隔年2月之線蟲密度又降爲8隻。山藥於2月植後，根系迅即生長，線蟲密度上昇較薑爲快，10高峰期每百公克土壤中根瘤線蟲二齡幼蟲數目達1350隻上下；12月採收後線蟲密度在2個月內亦降至6隻(圖二) 。

田間不同處理對薑根瘤線蟲之防治效果

各處理間對薑根瘤線蟲之防治結果顯示，根瘤指數及第120天土壤中根瘤線蟲二齡線蟲數目和對照組相較皆達5%顯著水準，其中以80%滅線蟲乳劑之施用效果最佳，其次爲塑膠布覆蓋者；幾丁質添加物處理之根瘤線蟲防治效果則遜於尿素及氰氮化鈣處理者(表四) 。

表一、臺灣根菜類作物主要植物寄生性病原線蟲
Table 1. Major plant nematode found parasitizing root vegetables in Taiwan

Host plant	Common name	Nematode
Raphanus sativas L. 蘿蔔	Chinese radish	*Meloidogyne incognita* *Paratylenchus* spp. *Helicotylenchus* spp.
Daucus carota L. 胡蘿蔔	Carrot	*Meloidogyne incognita* *M javanica*
Pachyrrhizus erosus (L.) Urban 豆薯	Yam bean	*Meloidogyne incognita*
Arctium lappa L. 牛蒡	Edibe burdock	*Meloidogyne incognita* *M javanica*
Scorzonera hispanica L. 黑皮波羅門參	Black salsify	*Meloidogyne incognita*

表二、臺灣薯類作物主要植物寄生性病原線蟲
Table 2. Major plant nematode found parasitizing root crops in Taiwan

Host plant	Common name	Nematode
Ipomoea batatas (L.) Lam 甘藷	Sweet potato	*Meloidogyne incognita* *M javanica* *Rotylenchulus reniformis* *Pratylenchus coffeae*
Dioscorea spp. 山藥	Yam	*Meloidogyne incognita* *M javanica*
Manihot utilissima Pohl. 樹薯	Cassava	*Meloidogyne incognita*
Solanum tuberosum L. 馬鈴薯	Potato	*Meloidogyne incognita* *M javanica*

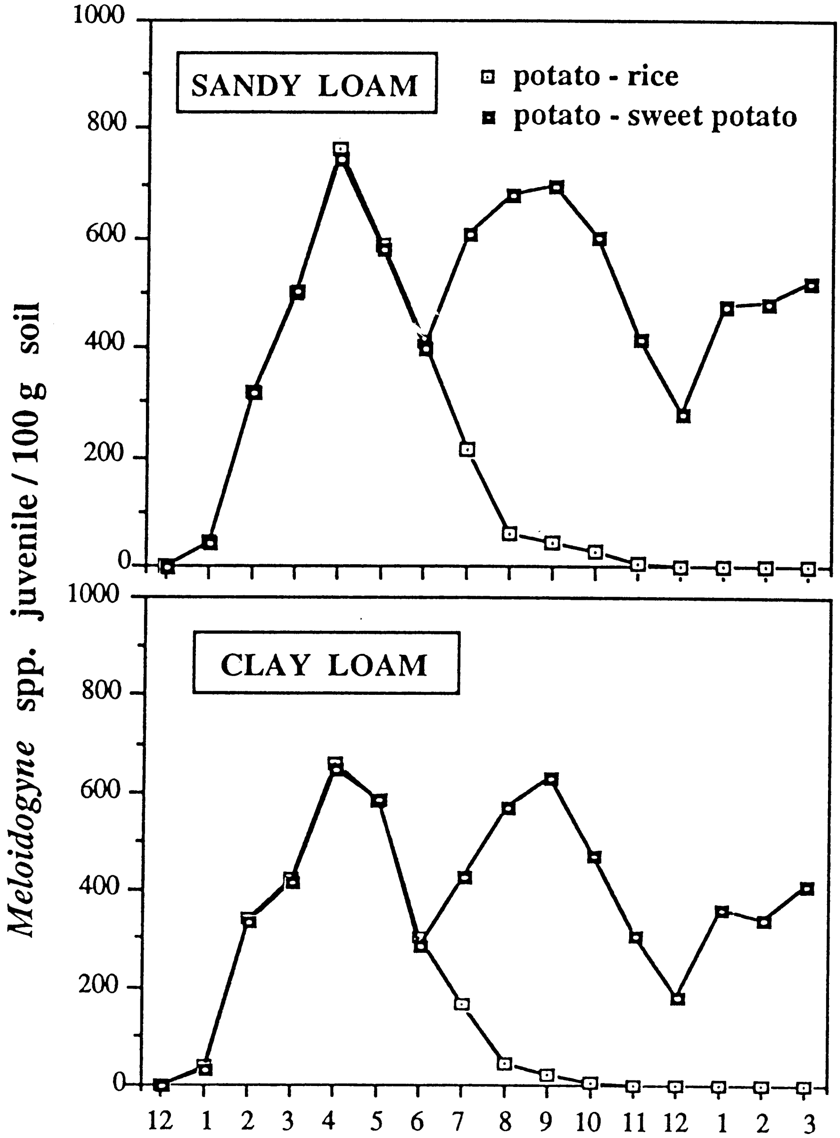
表三、臺灣莖菜類作物主要植物寄生性病原線蟲
Table 3. Major plant nematode found parasitizing stem vegetables in Taiwan

Host plant	Common name	Nematode
Leleba oldhami (Munro) Nakai 綠竹	Bamboo	*Meloidogyne* spp. *Rotylenchus* spp.
Sinocalamus latiflorus McCluse 麻竹	Bamboo	*Meloidogyne* spp.
Zinania latifolia Turcz.茭白	Co-ba	*Aphelenchoides besseyi* *Hirschmanniella* spp.
Asparagus officinalis L. 蘆筍	Asparagus	*Meloidogyne incognita*
Nelumbo nucifera Gaertn.蓮藕	Indian lotus	*Hirschmanniella* spp.
Colocasia esculenta (L.)Schott 芋	Taro	*Meloidogyne incognita*
Wasabia japonica (Miquel)Matsumura 山葵	Wasabi	*Meloidogyne incognita* *M javanica*
Zingiber officinale Roscoe 薑	Ginger	*Meloidogyne incognita* *M javanica*

表四、田間不同處理對薑根瘤線蟲之防治效果
Table 4. Effect of various siol treatments on the control of ginger root-knot nematode disease in the field

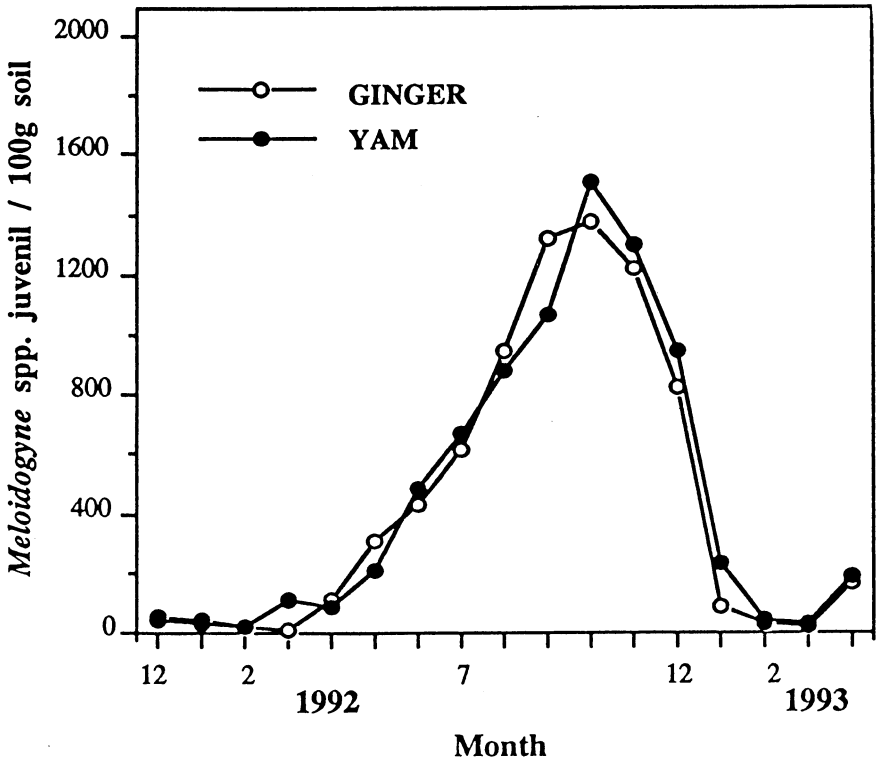
Tteatment	No. of *Meloidogyne juvenil* per 100g soil				Root-knot[1] index
	Pre-treatment	Days after treatment			
		30	60	120	
80%Nemamort EC.	43.5a	1.8c	8.3c	40.0c	1.0c[2]
Chitinous amendment	39.6a	12.5a	45.8b	103.0b	2.4b
Plastic mulch	40.5a	8.6b	18.0bc	60.5bc	1.7bc
Urea	38.5a	7.5b	20.5bc	84.2b	2.0b
Ca(CN)	42.0a	5.8bc	20.2bc	80.5b	2.0b
Check	43.5a	15.6a	110.5a	528.7a	4.0a

[1]Root-knot index:subjective rating 0-4:0=no galls, 4=heavy galling.
[2]Average of 4 replicates, numbers followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test(p=0.05).



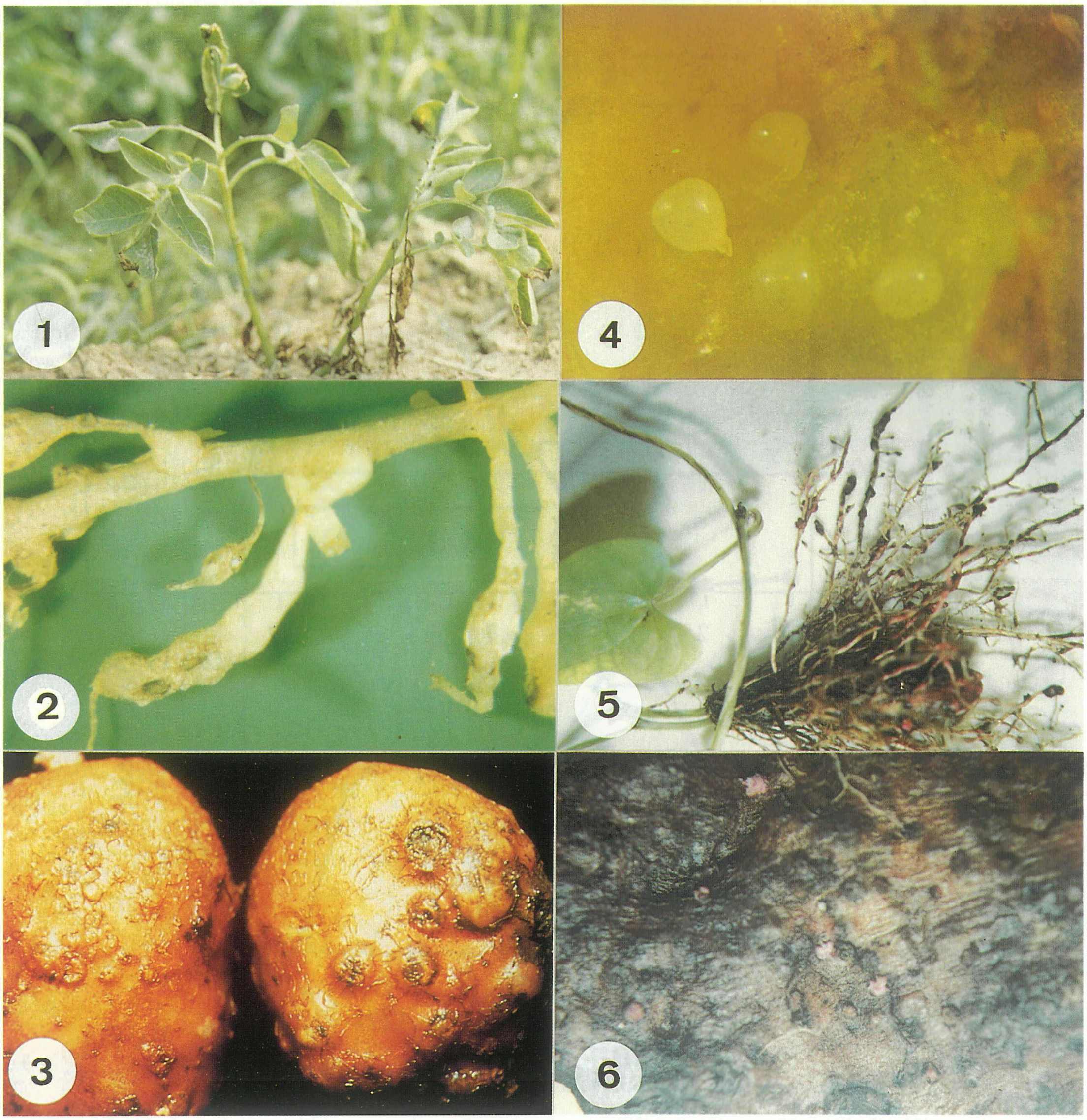
圖一、罹根瘤線蟲馬鈴薯種植於不同土壤後與水稻或甘藷輪作之根瘤線蟲族群消長。

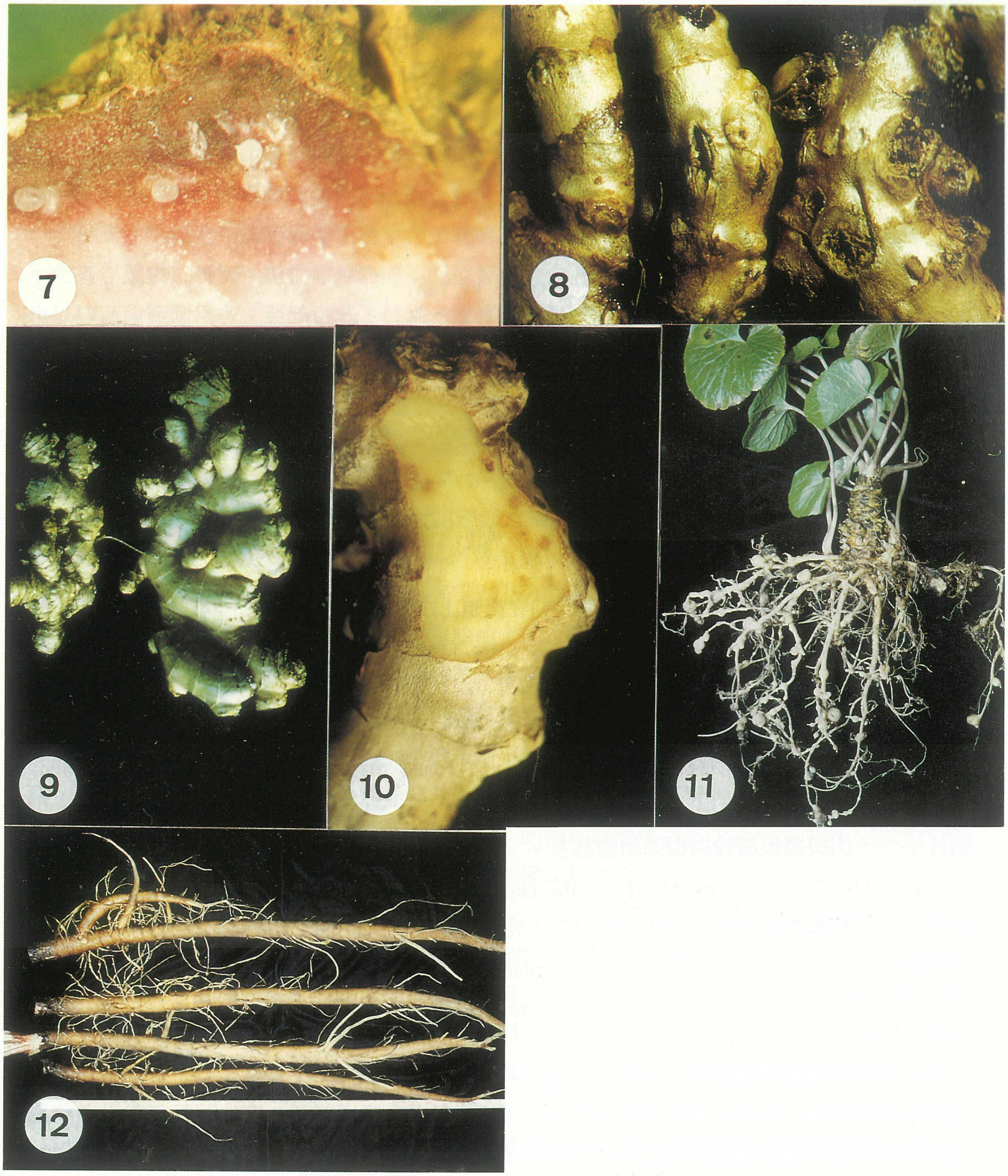
Fig. 1. Root-knot nematode populations in rice or sweet potato rotation fields planted with Meloidogyne spp. contaminated potato tubers at different type of soil.



圖二、薑與山藥輪作田根瘤線蟲之族群消長

Fig 2. Root-knot nematode population in ginger to yam rotated field.




7
8
9
10
11
12

圖片一、馬鈴薯根瘤線蟲病害地上部病徵。

Picture 1.Symptoms of above ground parts of potato infected with rootknot nematodes.

圖片二、馬鈴薯根系感染根瘤線蟲。

Picture 2.Galling of potato roots caused by root-knot nematodes.

圖片三、罹根瘤線蟲病馬鈴薯塊。

Picture 3.Tubers of potato contaminated by root-knot nematodes.

圖片四、馬鈴薯塊內之根瘤線蟲雌蟲。

Picture 4.Females of *Meloidogyne* spp. in the tuber of potato.

圖片五、山藥罹患根瘤線蟲之根系。

Picture 5.*Meloidogyne* spp. infected roots of yam.

圖片六、山藥罹根瘤線蟲薯塊。

Picture 6.*Meloidogyne* spp. infected taberous roots of yam.

圖片七、感染根瘤線蟲山藥薯塊表皮疣突下之根瘤線蟲雌蟲。

Picture 7.Females of *Meloidogyne* spp in the tumor on the outer surface of yam.

圖片八、罹根瘤線蟲薑塊上之瘤突及凹洞。

Picture 8.Root-knot nematodes infected ginger showing swellings and cavities on the surface.

圖片九、罹根瘤線蟲薑塊(左)健康薑塊(右)在產量上之差異。

Picture 9. *Meloidogyne* spp. infected ginger (leaf) and heath one(right) indicated the difference on the quantity.

圖片十、罹根瘤線蟲薑塊表皮下紅點皆爲雌蟲之寄生所在。

Picture 10.Females of *Meloidogyne* spp. would found parasiting in the red spots and surface of the infected ginger.

圖片十一、山葵罹根瘤線蟲根系結瘤甚多。

Picture 11.Galls on the roots of wasabi caused by the infection of Me *loidogune* spp.

圖片十二、根瘤線蟲多感染牛蒡土面下三十公分內側根。

Picture 12. 30cm parts of edibe burdock branch roots just under ground are contaminated by *Meloidogyne* spp. occasionlly.

討　　論

本研究結果顯示本省根菜、莖菜及薯類作物最主要的植物病原線蟲爲根瘤線蟲，尤其是南方根瘤線蟲及爪哇根瘤線蟲。根據全世界75個國家1000個根瘤線蟲族群採樣調查統計，其中53%%爲南方根瘤線蟲、30%爲爪哇根瘤線蟲、8%爲花生根瘤線蟲(*M. arenaria*)、8%爲北方根瘤線蟲(*M. hapla*)、2%爲 *M. exiqua* 及其他種類(24)。30年前洪氏(25)等報導爲害本

省主要作物之根瘤線蟲僅有南方及爪哇根瘤線蟲兩種，然其所列51種寄主作物中並無本研究所調查對象。此後，程氏等[8]正式鑑定雲林縣落花生罹患花生根瘤線蟲，並以接種方式證明23種作物爲其寄主，根莖薯類作物中之胡蘿蔔、蘿蔔及甘藷亦涵蓋其內。而自王氏等[2]於苗栗縣大湖草莓栽培區發現北方根瘤線蟲線後，Ruelo氏[32]接種測定17科、51屬、83種、40栽培品種及14個育種系統之蔬菜、草及觀賞植物中有54種、39個栽培品種或育種系統對北方根瘤線蟲有感受性，15種爲抗性，而29種爲免疫性，而樹薯也列爲感受性寄主之一。上述花生及北方根瘤線蟲之寄主範圍報告，僅及於接種對象或侷限於地區性植物，在本研究全省性調查中，未發現寄生於根莖薯類作物上。

台南、高雄及花蓮等縣市平地旱作田栽培之牛蒡，雖爲近年來新興作物，根瘤線蟲病害卻有逐年嚴重之趨勢。但根瘤線蟲感染部位皆在表土下三十公分以內；土壤中線蟲族群分佈也以該區段範圍爲多。至於台北、桃園、雲林、台南、嘉義及台東等縣市平地栽培之綠竹及麻竹等作物，雖普遍遭根瘤線蟲及腎形線蟲感染，但尚未出現生育受阻情形，可能和其營養根系多有關，應屬耐性等級。蘆筍根瘤線蟲病近年來有逐漸嚴重的趨勢。長期栽培蘆筍的彰化、雲林、嘉義及台南等縣市產地陸續出現蘆筍植株矮化、黃化及抽筍量不高及筍細小等情形。蘆筍根瘤線蟲早在1952年被鑑定爲 *M. incognita acrita* [18]，而本省所分離者並不感染 *Lycopersicon peruvianum* 此番茄品種(得自美國北卡羅萊納州立大學IMP)，並依Sasser等氏分類依據[33]，判定爲 *M. incognita* 。本省蘆筍栽植於典型砂質地，根瘤線蟲病害問題應及早防範。

根莖薯類作物除茭白有葉芽線蟲寄生於地上部，葉尖出現白化病徵外，其餘作物之線蟲病害皆爲地下部寄生。以根瘤線蟲病害而言，蘿蔔、牛蒡、綠竹、麻竹、蘆筍及山葵等作物只感染根部，但不危及塊根、塊莖或筍部位。植株地上部出現黃化、矮小、微量元素缺乏及氣溫高時葉片有缺水萎凋情形等病徵；根系則結瘤，嚴重者腐敗。豆薯、黑皮波羅門參、甘藷、山藥、樹薯、馬鈴薯、芋及薑等則於塊根、塊莖或薯塊上出現大小不一的突起及凹洞，每個突起表皮下有一至多隻雌成蟲及大量卵塊。凹洞則爲雌成蟲產卵後死亡所留下之表皮疤痕，逢潮濕季節常導致腐敗，商品價值低落，影響此類作物產值甚鉅。

爾來，國民生活水準提昇、攝取食物多樣化、農產品貯存及加工技術突飛猛進、以及調節葉菜瓜果因天災所造成的供銷失調，促進根莖作物的產業日趨專業性及企業化。精緻農業政策導向充實了農業技術的內涵；稻田轉作方針益使作物種類多元化，其中不分國外引進及國內育種成功的新品種；設施園藝的興起更將農產品質的提昇推進不少。但就大部份以繁殖體爲種原的根莖作物而言，不帶植物病原體的種苗，方能降低日後病蟲害造成的損失，減少農藥使用量及殘留之虞。以植物寄生性線蟲而論，除了棲息於農地土壤中，尚存活於植物體之根、莖、枝條、心苞、根莖、塊莖、塊根、葉及種子內，其傳播途徑亦藉由上述植體部位和田間水流得以蔓延。因此，在發展一鄉鎮特產的前題下所形成的根莖作物專業區，在種苗流通及灌溉水傳送下，成爲線蟲病害發生之良好環境。再者，根莖作物多栽植於砂質土或砂質壤土，以利挖取採收，而此類鬆軟排水良好之土壤質地，又甚適合線蟲傳播及繁衍[30,31]

。甚且，作物寄生性線蟲寄主廣泛[34]，往往在幾種作物間作和輪作下，族群密度仍具有爲害作物之潛勢。長此以往,漸漸形成典型的寄生線蟲性作物連作障害。西尾氏[13]調查日本521個連作障害案例，統計出其中15.9%由線蟲引起；其病原線蟲爲 *M. hapla*， *M. incognita* ， *M. javanica*， *Pratylenchus penetrans*， *P. coffeae* ，胞囊線蟲 (*Heterodera glycines*)及由國外傳入之馬鈴薯黃金線蟲(*Globodera rostochiensis*)。日本耕作型態及作物相本省相近，索幸胞囊線蟲及黃金線蟲未在本省農地出現；而南方根腐線蟲(*P. coffeae*)在本研究中僅發現在台南縣兩處甘藷田中構成爲害，北方根腐線蟲(*P. penetrans*)除草莓及果樹外，尚未有寄生於根莖薯類作物之個案。而根瘤線蟲已普遍感染本省大多數切花、盆花及觀賞植物，尤以設施園藝作物、宿根性及灌木型花類已有多起連作障害情事[9]。專業區蔬菜及設施園藝瓜果類作物亦常因嚴重感染根瘤線蟲造形栽作上之困難[10]。香蕉[4]及葡萄[3]及番石榴等果樹亦普遍感染根瘤線蟲，有導致生育不良和品質產量不佳之事實。因此，可預見的是，在本省作物寄生性線蟲病害中，根瘤線蟲將是最主要的。

平地或低海拔地區根莖薯類作物如芋、甘藷、馬鈴薯、茭白及蓮藕等若與水稻輪作，常可避免第二年作之根瘤線蟲爲害。本研究結果顯示攜帶根瘤線蟲之馬鈴薯不論種植於砂質壤土及黏質壤土質地田中，如於採收後和水稻輪作，根瘤線蟲族群密度即迅速下降。反之，若和甘藷輪作者，其族群密度尚維持在每百公克土壤 150隻以上之高水平。所以，就線蟲感受度高之作物而言，和水稻輪作是防治線蟲病害之良方。以淹水方式達到防治根瘤線蟲目的之理論和實際，行之久矣[37]；Walter氏等[36]曾證實種植水稻且灌水三個月後有效降低根瘤線蟲密度，並防止下期作蔬菜受害。值得一提的是全世界58%水稻栽培區遭水稻穿根線蟲(*Hirschmanniella* spp.)感染，損失率達25%[21]；該線蟲寄主範圍多在禾本科作物及雜草上。於本研究調查中，除和水稻輪作的茭白及蓮藕兩種莖菜類上發現其寄生於根部內外，在南投縣之甘蔗、台中縣之玉米及大部份水稻栽植區有極高顯著值。因此，爲預防特定線蟲病害之嚴重發生，所實施的耕作系統(cropping system)或輪作對象的選擇，應先了解栽培地之線蟲相及作物與線蟲間之感受性[23]。

本省山坡、丘陵及中高海拔根莖薯類作物栽培區，有單一作物種植型態者如樹薯、山葵及馬鈴薯等；有數種作物輪作者如薑及山藥等。然因植物寄生性線蟲寄主範圍甚廣，如在本省農地普遍存在的根瘤線蟲，其寄主植物有二千種以上[33]，長期栽培下來極容易導致連作障害。前者如嘉義縣與台中山區的山葵、馬鈴薯及南投縣的樹薯；後者如苗栗、南投、嘉義、台南、台東及花蓮等縣市丘陵的薑及山藥。以南投縣爲例，薑及山藥除相互輪作外，有時亦和鳳梨、通天草等輪作；多年來，頗受根瘤線蟲爲害之苦。由圖二田間線蟲族群消長可知在薑與山藥輪作田中，植前線蟲密度甚低，但種植兩者中任何一種 8 個月後族群密度皆超過每百公克土壤一千二百隻。足見根瘤線蟲在丘陵地環境中對感受性作物具有高度感染潛勢。

在防治線蟲病害上，一般分爲殺線蟲劑管理及非化學藥劑管理兩種方法。在本研究中試驗藥劑爲觸殺性之80%滅線蟲乳劑及有燻殺作用的氰氮化鈣，而非農藥處理則以幾丁質有機

添加物、尿素及用透明聚乙烯布覆蓋土面之太陽能加熱法(solar heating)等三種方式作爲田植前處理。本省殺線蟲劑種類甚多，其中多爲有殘毒之虞的系統性藥劑，在根莖薯類作物施用上更應審慎選擇。幾丁質添加物施用於土壤中有增加幾丁質溶解放射菌類(chitinolytic actinomycetes)之效果，具破壞線蟲卵殼中的幾丁質層(chitinous layer)之作用，從而抑制二齡幼蟲之孵化，線蟲族群密度因而降低[35]。幾乎所有植物寄生性線蟲在44℃至48℃之間會死亡，而以塑膠布覆蓋之土壤加熱法，白天土溫可達60℃左右，有助降低線蟲密度[25]。尿素及氰氮化鈣處理對根瘤線蟲防治效果，乃其釋放之氣體對線蟲有燻殺作用所致。

世界上許多根莖薯類栽培上重要線蟲病害之病原線蟲[22]，本省尚未發現者有馬鈴薯黃金線蟲(*Globodera pallida*、*G. rostochiensis*)、僞根瘤線蟲(*Nacobbus aberrans*)、馬鈴薯腐敗線蟲(*Ditylenchus destructor*)、山藥螺旋線蟲(*Scutellonema bradys*)、芋腐敗線蟲(*Hirschmanniella miticausa*)及穿孔線蟲(*Radopholus* spp.)，在吾國加入關貿總協(GATT)後農產品進入本省時有待嚴格檢疫，避免更重大的農業損失及衝擊。

引用文獻

1. 王國强。1972。根瘤線蟲爲害苗木之調查。台大實驗林研究報告第102號24頁。
2. 王國强、楊瓊儒、蔡安娜。1977。臺灣 *Meloidogyne hapla* 根瘤線蟲之初次發現。植保會刊19(4):311。
3. 林奕耀、蔡東纂。1984。臺灣地區葡萄園中植物寄生性線蟲相之調查。中國園藝 30(3):173-179。
4. 林奕耀、蔡東纂。1985。臺灣中部地區香蕉根瘤線蟲病之研究。 中國園藝31(1):44-49。
5. 洪元平、陳秀雄。1964。 臺灣二種主要根瘤線蟲生活史及其寄主種類研究。植保會刊 6(4):55-57(摘要)。
6. 胡南輝。 1978。 莖菜栽培(薑) p.196-204。 豐年社。
7. 黃炤雄、蔡雲鵬、林奕耀、杜金池、黃修斌。1972。臺灣植物寄生性線蟲。中研院植研究所專刊第一號66頁。
8. 程永雄、羅文成、杜金池。1981。落花生根瘤線蟲 *Meloidogyne arenaria* 之寄主範圍及化學防治。台南區農業改良場研究彙報第15號: 55-64。
9. 蔡東纂、程永雄。1994。台灣花卉線蟲問題。台灣花卉病蟲害研討會專刊。p.225-241。
10. 蔡東纂。1989。線蟲與作物根系保全。植物線蟲病害防治研討會專集。p.71-92。
11. 臺灣農業年報。1993。臺灣省農林廳編印。 P.54-78。
12. 中華民國植物檢疫限制輸入規定。 1992。 商品檢驗局編印。 32頁。
13. 西尾道德。1983。 連作障害發生。日本土壤肥料雜誌 54(1):64-73。
14. C. I. H. Descriptions of plant-parasitic Nematode：Set 2, No.26

(*Hirschmanniella oryzae*).

15. C. I. H. Descriptions of plant-parasitic Nematode : Set 5, No.68 (*Hirschmanniella spinicoudata*).
16. C. I. H. Descriptions of plant-parasitic Nematode : Set 1, No · 5 (*Rotylenchus reniformis*).
17. C. I. H. Descriptions of plant-parasitic Nematode : Set 6, No · 83 (*Rotylenchus parvus*).
18. Crittenden, H. W. 1952. Resistance of asparagus to *Meloidogyne incognita* var. acrita. Phytopathology 42 (1) : 6.
19. Hartman, K. M., and Sasser, J. N. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of different host test and perineal pattern morphology. pp. 69-77. In An advanced treatise on Meloidogyne Vol.2. (Barker, K. R., Carter, C. C., and Sasser, J. N., eds) North Carolian State University Graphics, Raleigh, N. C. 223pp.
20. Hirschmann, H. 1985. The genus *Meloidogyne* and morphological characters differentiating its species. pp. 79-94. In An advanced treatise on Meloidogyne Vol. 1.(Saser, J. N., and Carter, C. C., eds) North Carolian State University Graphics, Raleigh, N. C. 422pp.
21. Hollis, J. P., and Keobonrueng, S. 1984. Nematode parasites of rice. pp.95-146. In Plant and insect nematodes (Nickle, W. R., ed) New York & Basel, Marcel Dekker.
22. Jatala, P., and Bridge, J. 1990. Nematode parasites of root and tuber crops. pp: 137-180. p. 347-362. In Plant parasitic nematode in subtropical and tropical agriculture. (Michel, L., Richard, A., and Bridge, J., eds) C. A. B. International insitute of parasitology. 629pp.
23. John, B. 1987. Control strategies in subsistence agriculture. pp. 389-420. In Principles and practice of nematode control in crops. (Brown, R. H., ed) Academic Press. New York Austin.
24. Johnson, A. W., and Fassuliotis, G. 1984. Nematode parasites of vegetable crops. pp. 323-372. In Plant and insect nematodes. (Nickle, W. R., ed) Marcel Dekker Inc., New York and Basal.
25. Kantan, J. 1981. Solar heating (Solarization) of soil for control of soilborne pests. Annual Review of Phytopathology 19 : 211-236.
26. Maggenti, A. R. 1981. Nematodes as parasites of the aerial parts of plants (shoots). pp. 201-207. In General Nematology (Mortimer, P. Star, ed)

Springer-Verlay New York, Inc.

27. Mai, W. F., and Lyon, H. H. 1982. Pictorial key to gerera of plant parasitic nematodes. 4th ed. 2ed printing Cornell University. 219pp.

28. Mortimer, J. J., Bridge, J., and Jackson, G. V. H. 1981. *Hirschmanniella* spp. an endoparasitic nematode associated with miti-miti disease of taro corms in the Solomon Islands. FAO Plant Protection Bulletin, 29 : 9-11.

29. Norton, D. C. 1978. Ecology of plant-parasitic nematodes. Dept. Bot. and plant pathol. Iowa State Univ. John Wiley & Sons. New York. 268pp.

30. Prot, J. C., and Van Gundy, S. D. 1981. Effect of soil texture and the clay component on migration of *Meloidogyne incognita* second stage juveniles. J. Nematol. 13 : 213-216.

31. Rao, Y. S., and Isarel, J. P. 1972. Influence of soil type on the activity of the rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola* Golder & Birchfield. Indian J. Agric. Sci. 42 : 744-747.

32. Ruelo, J. S. 1981. Host range studies of *Meloidogyne hapla* in Taiwan. Plant disease 65 : 500-501.

33. Sasser, J. N., and Carter, C. C. 1985. Overview of the international Meloidogyne project 1975-1984. pp. 19-24. In an Advanced Treatise on Meloidogyne Vol. 1. (Sasser, J. N., and Carter, C. C., eds) North Carolina State University Graphics, Raleigh, N. C. 422 pp.

34. Sasser, J. N., and Freckman, D. W. 1987. World perspective on nematology. pp. 7-14. In a Commemoration of the Twenty-fifth Anniversary of the Society of Nematologists.(Veech, J. A., and Dickson, D. W., ed) Society of Nematologists, Inc. Hyattsville, MD.

35. Spiegel, Y., Chet, I., Cuhn, E., Galper, S., and Sharon, E. 1988. Use of chitin for controlling plant-parasitic nematodes. Plant and Soil 109 : 251-256.

36. Walter, H. Thames ,Jr., and Warren, N. S. 1953. A preliminary trial of lowland culture rice in rotation with vegetable crops as a means of reducing root-knot nematode infestions in the everglades. Plant Dis. Reptr. 37(4) : 187-192.

37. Watson, J. R., and Goff, C. C. 1937. Control of root-knot nematode in Folrida. Florida Agr. Expt. Sta. Bulletin 311.

38. Zafar, A. H., and Morgan Golden, A. 1989. A key and diagonstic compendium to the species of genus Pratylenchus Filipjev, 1936. (Lesion nematode) J. Nematol. 21(2) : 202-218.

討　論

問：山藥及薑在根瘤線蟲的發生上有一個高峰期，請問線蟲密度的高峰期發生原因爲何？作物種類？耕作期？季節因素？

嚴新富(嘉義農試分所)

答：線蟲族群密度高峰期在寄主植物之生長旺季，此時根群多，線蟲攝食繁衍之來源夠；本省夏季多雨，有充足水份供作線蟲游移傳播之途徑。

問：線蟲有沒有細菌、眞菌及病毒等的感染？

吳文川(中興大學)

答：有，是爲線蟲之天敵，可作爲 Biological control agents.

問：根據幻燈片顯示，受線蟲危害之山藥塊莖與正常之塊莖大小相差不大，是否對產量有所影響。又對食味有沒有影響？

姜金龍(桃園農改場)

答：一般根系受線蟲危害之山藥植株，在營養吸取上大受影響，產量自然降低。山藥薯塊中有富含蛋白質之雌成蟲存在，無論如何烹調，自然別有風味。

問：短期葉菜類專業區有無線蟲爲害問題。因有些蔬菜不能連作，如香菜、茼蒿。

曹幸之(農試所)

答：專業區及設施栽培蔬菜往往於第三年即出現線蟲性病害，第五年即有明顯連作障害，目前發現者有茼蒿、香菜、青江菜、白菜、萵苣、蕿菜、空心菜等。農友已知用殺線蟲劑控制之。

問：在你防治線蟲之方法有藥劑，尿素、氰氮化鈣，好像都是直接殺滅的效果，利用眞菌捕食線蟲之效困有許多之報告，大部分是經由施用有機物或有機肥料誘生肉食眞菌而來，請問在台灣是否有此類獲得有效防治之具體資料?

黃山內(花蓮農改場)

答：本省在以有機添加物防治線蟲病害，利用幾丁質分解性放射線菌(Chitinoly Actinomycetes)有效防治柑桔、葡萄及西瓜等線蟲病害。眞菌性生物防治在在本省除洋菇外，尚未有在田間作物上之防治實務。

Nematode Diseases Root and Tuber Crops Taiwan

Tsay, T. T., Lin, Y. Y
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University.

Cheng, Y. H.
Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI.

Cheng, C. F.
Division of Plant Protection, Department of Agriculture and Forestry, Taiwan Provincial Govemment.

ABSTRACT

Nematodes as major parasites of root and tuber crops in Taiwan are *Meloidogyne incognita, M. javanica, Pratylenchus coffeae, Rotylenchulus reniformis, Hirschmanniella spp., and Aphelenchiodes besseyi.* And the two species of root-knot nematode are the most important among them. *Meloidogyne* spp. only cause typical knotting or galling of roots on Chinese radish, carrot, edibe burdock, bamboo, asparagus and wasabi. In addition, this nematodes parasitizing the tubers, stems, rhizomes and other storage organs produce galls in the outer tissues giving rise to abnormal, warty or knobbly and rot occasionally. Symptom above ground of this nematode infected plants often show early yellowing, falling, wilting at high temperature and stunting. The prolonged flooding employed in the rotating with rice culture obtaining a reduction in the population of root-knot nematode both at the sandy loam and clay loam potato yields. Otherhands, populations of root-knot nematode would soon reach to the high peak of above 1200 per 100 g soil at 8th month after the ginger and yam were grown. The results of the control show that soil treatments of 80 % Nemamort EC., chitinous amendment, plastic mulching, urea and Ca $(CN)_2$ were all beneficial to reduce the populations of root-knot nematodes and root-knot index compared to the check.

(Key words : root and tuber crops, nematode diseases,control.)